

07.2.2005

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 2 月 3 日
Date of Application:

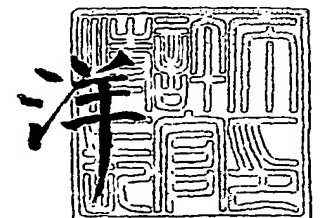
出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 2 6 5 5 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 0 2 6 5 5 4]

出 願 人 松 下 電 器 産 業 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 5 年 3 月 1 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 2925050055
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01A
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 稲葉 雄一
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100109210
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 新居 広守
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 049515
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0213583

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

単位画素が二次元状に複数配列された固体撮像装置であって、
各前記単位画素は、
入射光を光電変換する光電変換手段と、
前記光電変換手段の上方に形成され、画素中心から周辺になるにつれて実効屈折率が減少する、入射光を透過させる透過層とを備え、
前記透過層の膜厚を L 、入射光の波長を λ 、透過層と周辺の屈折率との屈折率差を Δn とした場合に、 $L > \lambda / \Delta n$ の関係を満たす
ことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 2】

前記透過層は、画素中心から周辺になるにつれて膜厚が減少する部分を有する
ことを特徴とする請求項 1 に記載の固体撮像装置。

【請求項 3】

前記透過層は、BPSG膜、TEOS膜、ベンゾシクロブテンおよびポリイミド系樹脂のいずれかからなる
ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の固体撮像装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の固体撮像装置の製造方法であって、
土台上に前記透過層の材料層を形成する工程と、
前記材料層の上部にレジストを形成する工程と、
画素中心から周辺になるにつれて前記レジスト間の間隔が広くなるようにパターンを形成する工程と、
前記パターン外の前記材料層が残存する時点でエッチングを終了する工程とを含む
ことを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

【請求項 5】

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の固体撮像装置を備える
ことを特徴とするカメラ。

【書類名】明細書

【発明の名称】固体撮像装置、その製造方法およびカメラ

【技術分野】

【0001】

本発明は、デジタルカメラ等に使用される固体撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

固体撮像装置に関しては様々な技術が提案されている（例えば、特許文献1参照。）。図8は、従来の固体撮像装置の構成の一例を示す図である。この固体撮像装置110では、単位画素1が二次元状に配列されており、各行が垂直シフトレジスタ2により選択され、その行信号が水平シフトレジスタ3により選択されて画素毎のカラー信号が出力アンプ4から出力される。周辺の駆動回路5は、垂直シフトレジスタ2、水平シフトレジスタ3および出力アンプ4を動作させる。

図8は、従来の固体撮像装置の構成の一例を示す図である。この固体撮像装置110では、単位画素1が二次元状に配列されており、各行が垂直シフトレジスタ2により選択され、その行信号が水平シフトレジスタ3により選択されて画素毎のカラー信号が出力アンプ4から出力される。周辺の駆動回路5は、垂直シフトレジスタ2、水平シフトレジスタ3および出力アンプ4を動作させる。

【0003】

図9は、従来の固体撮像装置の画素部の断面図である。固体撮像装置100（図では、3画素分のみ示している。）では、N型層6上にP型層7が形成され、P型層7内にフォトダイオード8が形成されている。フォトダイオード8間を分離する分離領域14上に光を遮断する遮光膜9が形成されている。またフォトダイオード8上には、層間絶縁膜12と、各画素に対応する色光のみを透過させるカラーフィルタ10a～10cと、入射光13を集光するマイクロレンズ21とが形成されている。

【0004】

このように、従来の固体撮像装置100では各フォトダイオード8の上方に形成されたマイクロレンズ21で入射光13が集光され、集光された光のうちカラーフィルタ10a～10cを透過する光のみがフォトダイオード8に入射し、フォトダイオード8で電荷に変換される。

【特許文献1】特開平06-61462号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の固体撮像装置の構成では、マイクロレンズ21の高さが製造バラツキなどにより高く形成された場合、マイクロレンズ21の中心付近に垂直に入射する光はマイクロレンズ21を通過してフォトダイオード8に入射することができるが、マイクロレンズ21の中心から離れた最下部付近に入射する光は大きな屈折を受けるため、フォトダイオード8に入らないで素子分離部14に入射してしまう。このため、その光はフォトダイオード8で光電変換できなくなり、結局、固体撮像装置の受光感度の低下につながるという問題がある。さらに、この受光感度の低下は、画素サイズが微細になればなるほど顕著になるという傾向にある。さらに、この問題により歩留りが悪くなるので、最近の固体撮像装置の大きな課題となっている。

【0006】

また、固体撮像装置における周辺付近の画素においては、入射光の入射角が大きくなる。これは、最近の固体撮像装置の薄型化に伴って顕著な傾向となっている。そのため、従来の固体撮像装置の構造では周辺付近の画素の集光効率が低下してしまい、画質の悪化につながるという問題がある。

また、P型層7内でのフォトダイオード8の形成場所が、固体撮像装置のサイズの微小化に伴う構造上の制約等により、必ずしも中央ではなく偏って形成される場合も多い。この場合、従来の凸形状のマイクロレンズを用いた構成では高精度に形成位置を制御することは困難である。

【0007】

また、入射光の波長（色）によりマイクロレンズ21の焦点距離が変化するために画質の劣化が生じるので、各画素に対応する色に対して、各マイクロレンズ21の形状を最適

なものとするのが望ましいが、従来のマイクロレンズ 21 の構成や製造方法ではこれを達成することはきわめて困難である。

また、同心円的な屈折率周期構造を有する透過層による集光の方法も提案されているが、現状の技術では透過層の膜厚を安定して十分な厚さに形成することができないので、光路長を十分に確保することができず、そのため入射光を十分に集光することができない。集光率を向上するためには透過層の膜厚を十分に確保する必要があるが、現状の製造方法や材料を用いたのでは実現困難である。

【0008】

そこで、本発明は、入射光の集光率の高い、高感度な固体撮像装置、および、その固体撮像装置の生産性の高い製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するために、本発明に係る固体撮像装置は、単位画素が二次元状に複数配列された固体撮像装置であって、各前記単位画素は、入射光を光電変換する光電変換手段と、前記光電変換手段の上方に形成され、 $L > \lambda / \Delta n$ (L : 膜厚、 λ : 入射波長、 Δn : 周辺の屈折率と透過層との屈折率差) の関係を満足し、画素中心から周辺になるにつれて実効屈折率が減少する、入射光を透過させる透過層とを備えることを特徴とする。

【0010】

これにより、入射光を可視領域 ($0.4 \mu\text{m} \sim 0.7 \mu\text{m}$)、周辺を空気 (屈折率: 1) 、透過層 (屈折率: ~ 1.5) とした場合、透過層の膜厚が μm オーダー以上となり、光路長を十分に確保することができ、入射光を十分に集光することができるため、集光率を向上することができる。したがって、本透過層を備えた固体撮像装置は、高い感度特性を有することとなる。

【0011】

さらに、前記透過層は、画素中心から周辺になるにつれて膜厚が減少する部分を有することを特徴とする。

これにより、透過層は、画素の中央部から周辺部につれて膜厚が小さくなる凸レンズ形状を部分的に有することとなるため、レンズによる集光効果も併せもち、集光率がさらに向上する。

【0012】

さらに、前記透過層は、BPSG膜、TEOS膜、ベンゾシクロブテンおよびポリイミド系樹脂のいずれかからなることを特徴とする。

BやPを数%添加した SiO_2 膜、すなわちBPSG(Boro-Phospho Silicated Glass)膜、およびTEOS(Tetraethoxysilan, Tetraethylorthosilicate)膜を用いることで、 $1 \mu\text{m}$ 以上の膜厚の形成を行った後、通常のリソ工工程、およびドライエッチング工程を実施することによって、屈折率周期構造を有する透過層が形成可能となる。

【0013】

また、ベンゾシクロブテンあるいはポリイミド系樹脂は、可視光領域での透過特性が高い特徴を有し、感光性を有するタイプがあるので、これらの材料を用いて透過層を形成することにより、通常のリソ工工程において、屈折率周期構造を有する透過層が形成可能となるとともに、 μm オーダー以上の膜厚の形成が極めて安定かつ容易になる。

また、本発明に係る固体撮像装置の製造方法は、土台上に前記透過層の材料層を形成する工程と、前記材料層の上部にレジストを形成する工程と、画素中心から周辺になるにつれて前記レジスト間の間隔が広くなるようにパターンを形成する工程と、前記パターン外の前記材料層が残存する時点でエッチングを終了する工程とを含むことを特徴とする。

【0014】

パターンの狭い箇所ほど物理的エッチングの進行速度が遅く、広い箇所ほど進行速度が速いので、パターンの狭い画素中央部ほど透過層の材料層が多く残存し、周辺部へ行くにつれて少なくなることになる。したがって、凸レンズ形状を部分的に有する、集光率の高い透過層を形成することができる。

また、本発明に係るカメラは、前記固体撮像装置を備えることを特徴とする。

【0015】

これにより、感度の高いカメラを実現することができる。

【発明の効果】

【0016】

本発明に係る固体撮像装置によれば、透過層での光路長を十分に確保することができ、入射光を十分集光することができるため、集光率を向上することができる。したがって、本透過層を備えた固体撮像装置は、高い感度特性を有する。さらに、レンズによる集光効果も併せもった構造を有する場合には、集光率がさらに向上できる。

また、その製造方法において、通常のフォトリソ工程において、屈折率周期構造を有する透過層が形成可能となるとともに、 μm オーダー以上の膜厚の形成が極めて安定かつ容易になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、図面を参照しながら本発明に係る固体撮像装置について説明を行う。

(実施の形態1)

図1は、本発明の実施の形態1に係る固体撮像装置における画素部の断面図である。図1に示す固体撮像装置101(3画素分のみ示している。)では、N型層6上にP型層7が形成され、P型層7内にフォトダイオード8が形成されている。フォトダイオード8間を分離する分離領域14の上方に光を遮断する遮光膜9が形成されている。またフォトダイオード8上には、層間絶縁膜12と、各画素に対応する色光のみを透過させるカラーフィルタ10a~10cと、入射光13を集光するための本発明に係る、透過層11とが形成されている。図1においては、入射波長を $0.5\mu\text{m}$ 、透過層を SiO_2 (屈折率:1.45)とした場合であり、膜厚としては、 $1.11\mu\text{m}$ である。

【0018】

図2は、本発明の実施の形態1に係る固体撮像装置における透過層の上面図である。図では1画素分のみを示している。透過層11は、高屈折率材料51および低屈折率材料(この実施の形態では、空気)52からなる同心円上の屈折率周期構造を有する。さらに、画素中央部のほうが周辺部に比べ高屈折率材料51の占める割合が高いため、実効屈折率が画素中心から周辺になるにつれて低く変化している。したがって、本透過層による導波が画素中心から周辺になるにつれて低く変化している。したがって、本透過層による導波作用によって入射光が集光され、集光された光はフォトダイオード8に入射し、電荷に変換される。また、高屈折率材料51と低屈折率材料52の構成比率、すなわち、各同心形状の半径や幅を調整することで、所定の波長の焦点距離を設定することができる。

【0019】

ここで、図3(b)に示すように、従来のように膜厚が $L > \lambda/\Delta n$ を満たさない($L < \lambda/\Delta n$)透過層の場合、光路長が十分に確保されないため入射光の集光作用が十分に働かず、集光率の低下をまねいてしまうが、本透過層11では膜厚が $L > \lambda/\Delta n$ を満たす構成(入射波長を $0.5\mu\text{m}$ 、透過層を SiO_2 (屈折率:1.45)とした場合、膜厚は、 $1.11\mu\text{m}$)であるので、光路長を十分に確保することができ、入射光を十分集光することができるため、集光率を向上することができる(図3(a))。したがって、本透過層11を備えた固体撮像装置は、高い感度特性を有することとなる。

(実施の形態2)

図4は、本発明の実施の形態2に係る固体撮像装置における透過層の断面図である。透過層17は、 $1.11\mu\text{m}$ の膜厚(入射波長を $0.5\mu\text{m}$ 、透過層を SiO_2 (屈折率:1.45)を有し、画素中心から周辺になるにつれて実効屈折率が減少する構造である。実施の形態1に係る透過層11と異なる点は、実施の形態1に係る透過層11における空隙部にも、画素中央部から周辺部につれてしだいに小さくなるような膜厚を有する層が形成されており、そのため全体として凸レンズ形状を含んだ構造となっているところである。このような透過層17の構造のため、実施の形態1に係る透過層11の集光効果に加え、レンズ形状による集光効果により集光率がさらに向上する。

【0020】

(実施の形態3)

図5(a)～(e)は、本発明の実施の形態1に係る固体撮像装置の透過層の製造方法を説明するための図である。

【0021】

まず、図5(a)に示すように、土台201(実施の形態1の場合では、カラーフィルタ10a～10c)の上部に、通常の膜形成技術を用いて、高屈折率材料の層202を形成する。次に、図5(b)に示すように、高屈折率材料の層202の上部にレジスト203を形成し、図5(c)に示すように、フォトリソ技術を用いて、所定の場所以外のレジスト203を除去する。さらに引き続き、ドライエッチング技術を用いて、所定領域外の高屈折率材料の層202を除去すると、図5(d)に示すように、所定領域の高屈折率材料の層202のみが残存し、最終的に図5(e)に示すように、レジスト203を除去することで本発明の実施の形態1に係る透過層を形成することができる。

【0022】

なお、高屈折率材料の層202には、BPSG膜、TEOS膜、ベンゾシクロブテンおよびポリイミド系樹脂のいずれかを用いる。

BやPを数%添加したSiO₂膜(BPSG膜)、およびTEOS膜を用いることで、サブμm以上という膜厚の大きな、かつ、ワレなどの発生が起こりにくい透過層の形成を、通常材料を用いるよりも安定して行うことができる。

【0023】

また、ベンゾシクロブテンあるいはポリイミド系樹脂は、可視光領域での透過特性が高い特徴を有し、SiO₂膜(BPSG膜)、およびTEOS膜と同様に高屈折率材料の層202上のレジスト203を除去後、ドライエッチング技術を用いて所望の同心円上の屈折率周期構造を形成することが可能となる。

ベンゾシクロブテンあるいはポリイミド系樹脂においては、感光性を有するタイプがあり、これらの材料を用いて透過層を形成することも可能である。図6には、感光性タイプのベンゾシクロブテンあるいはポリイミド系樹脂を用いた場合の製造方法を示している。図6(a)に示すように、フォトリソ工程に通常用いられているスピナー法によって、土台201の上部に、感光性タイプのベンゾシクロブテンあるいはポリイミド系樹脂からなる高屈折率材料の層202を形成する。露光前バーク(プリバーク)を行った後、ステップなどの露光装置を用いて露光を行い、現像、バーク(キュア)を実施し、図6(c)に示す同心円上の屈折率周期構造を形成する。なお、図6(b)においては、ネガタイプ(露光された領域の層202が残り、未露光領域の層202が除去される)における実施の形態を示しているが、ポジタイプ(露光された領域の層202が除去され、未露光領域の層202が残る)を用いても差し支えない。以上から、通常フォトリソ工程によって、屈折率周期構造を有する透過層が形成可能となるとともに、サブμm以上の膜厚の形成が極めて容易になる。

【0024】

以上説明を行った製造方法を用いることによって、制御性よく本発明に係る透過層が形成できる。さらに、半導体プロセスを用いることができるため、透過層の形成場所の位置合わせも精度よく行なうことができ、斜め光が入射する固体撮像装置の周辺部の画素において、フォトダイオードの中心上よりも固体撮像装置の中央よりも透過層を形成することで集光効率の向上がさらに図られ、色収差の影響も低減できる。また、固体撮像装置の構造上の制約等によりフォトダイオードの形成位置がずれている場合であっても、透過層を最適な位置に精度よく形成することができる。

【0025】

(実施の形態4)

図7(a)～(e)は、本発明の実施の形態2に係る固体撮像装置の透過層の製造方法を説明するための図である。

【0026】

まず、図7(a)に示すように、土台301(実施の形態1の場合では、カラーフィルタ10a~10c)の上部に、通常の膜形成技術を用いて、高屈折率材料の層302を形成する。次に、図7(b)に示すように、高屈折率材料の層302の上部にレジスト303を形成し、図7(c)に示すように、フォトリソ技術を用いて、所定の場所以外のレジスト303を除去する。さらに引き続き、ドライエッチングを用いて、所定領域外の高屈折率材料の層302を物理的に除去していくと、図7(d)に示すように、所定領域外の高屈折率材料の層302のうち、パターンの細い箇所ほどドライエッチングの進行速度が遅いので、画素中央部の高屈折率材料の層302ほど多く残存し、画素の周辺部へ行くにつれて高屈折率材料の層302が少なくなると残存する。したがって、ドライエッチングを最後まで行わずに途中で終了するようにし、次にレジスト203を除去することで、最終的に図7(e)に示すように、画素中央部から周辺部につれて膜厚が小さくなる部分、すなわち凸レンズ形状を部分に有する本発明の実施の形態2に係る透過層を形成することができる。

【0027】

また、本発明に係る固体撮像装置を備えたカメラは、高い感度特性を実現することができる。

なお、以上説明を行った実施の形態では低屈折率材料に空気を用いているが、高屈折率材料よりも屈折率が小さい材料であればよい。

【産業上の利用可能性】

【0028】

本発明に係る固体撮像装置およびその製造方法は、デジタルスチルカメラや携帯電話用のカメラなどに利用されるイメージセンサーとして有用である。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】本発明の実施の形態1に係る固体撮像装置における画素部の断面図である。

【図2】本発明の実施の形態1に係る固体撮像装置における透過層の上面図である。

【図3】本発明の実施の形態1に係る説明図である。

【図4】本発明の実施の形態2に係る固体撮像装置における透過層の断面図である。

【図5】本発明の実施の形態3に係る固体撮像装置における透過層の断面図である。

【図6】本発明の実施の形態3に係る固体撮像装置における透過層の製造工程を示す図である。

【図7】本発明の実施の形態4に係る固体撮像装置における透過層の製造工程を示す図である。

【図8】従来の固体撮像装置の構成の一例を示す図である。

【図9】従来の固体撮像装置の画素部の断面図である。

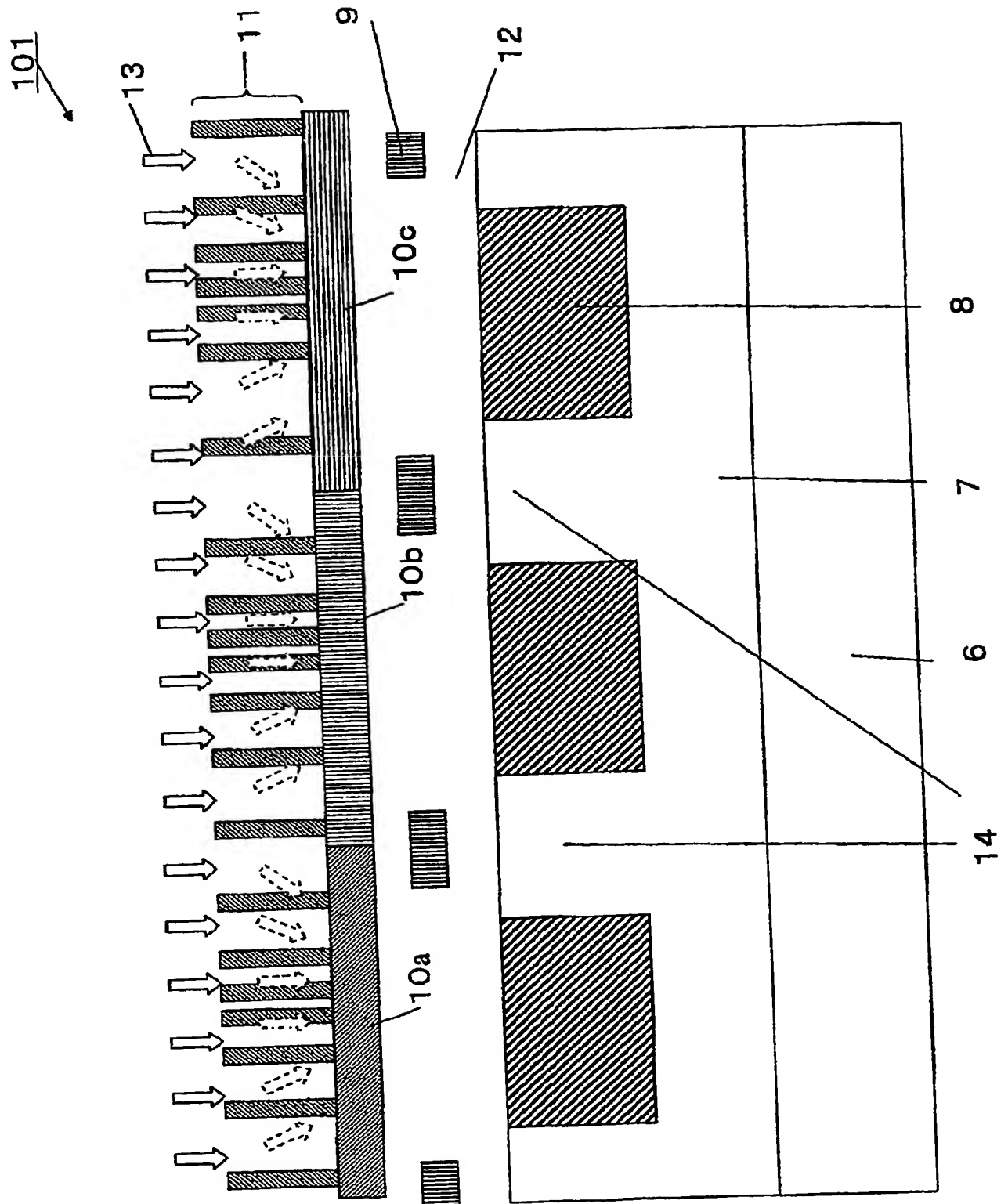
【符号の説明】

【0030】

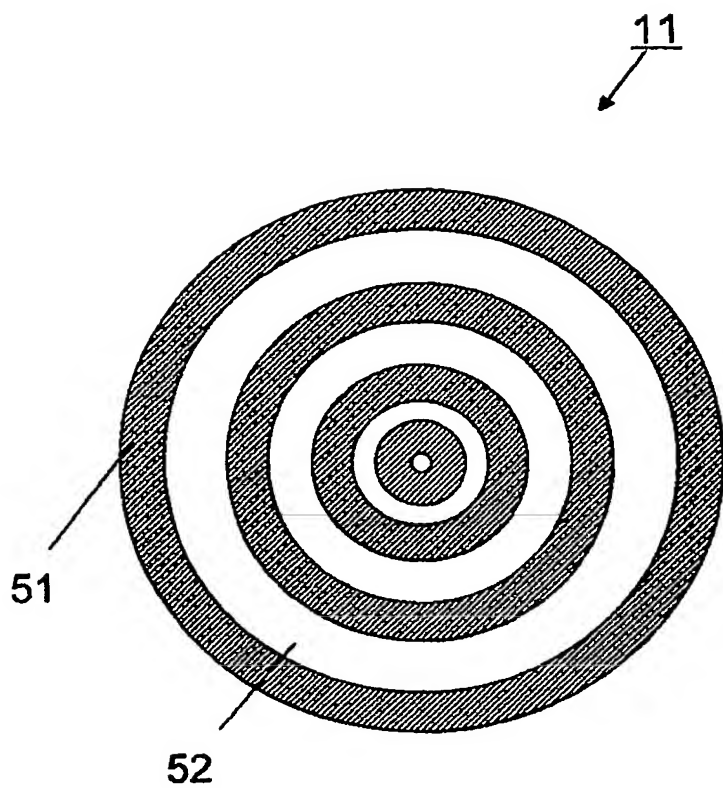
- 1 単位画素
- 2 垂直シフトレジスタ
- 3 水平シフトレジスタ
- 4 出力アンプ
- 5 周辺駆動回路
- 6 N型層
- 7 P型層
- 8 フォトダイオード
- 9 遮光膜
- 10a~10c カラーフィルタ
- 11、17 透過層
- 12 層間絶縁膜

- 1 3 入射光
- 1 4 素子分離
- 2 1 マイクロレンズ
- 5 1、2 0 2、3 0 2 高屈折率材料
- 5 2 低屈折率材料（空気）
- 1 0 0、1 0 1 固体撮像装置（3 単位画素分）
- 1 1 0 固体撮像装置
- 2 0 1、3 0 1 土台
- 2 0 3、3 0 3 レジスト

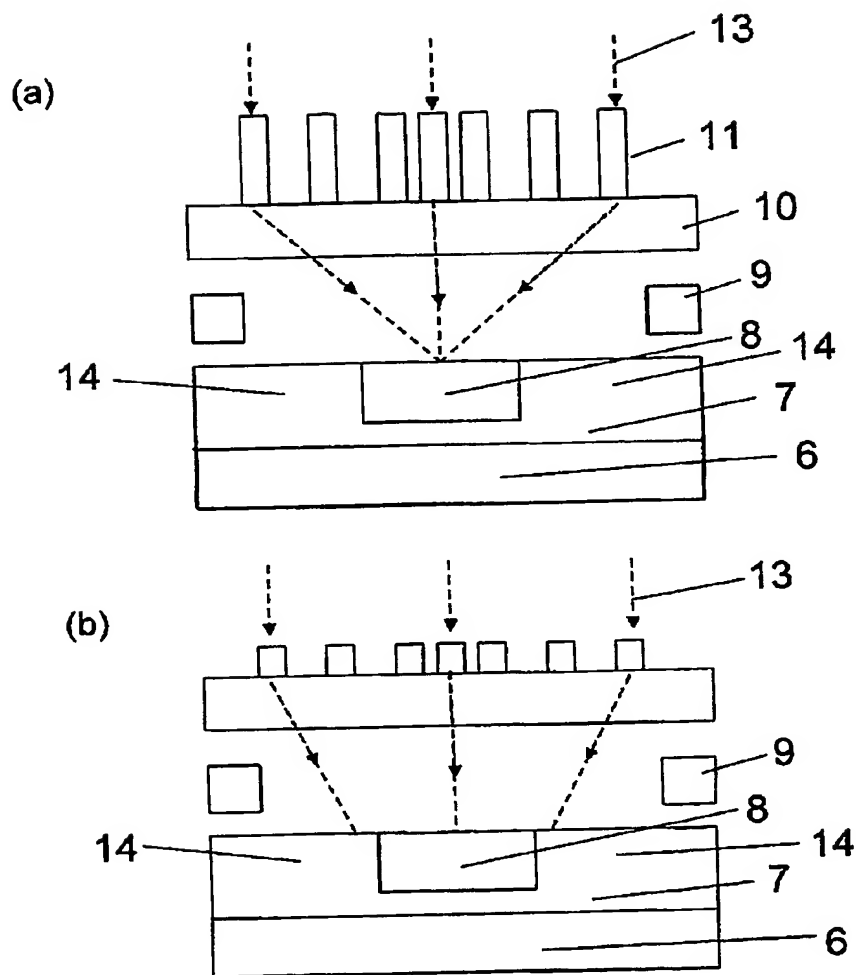
【書類名】 図面
【図 1】



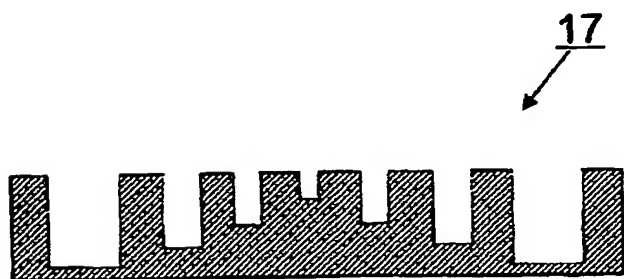
【図 2】



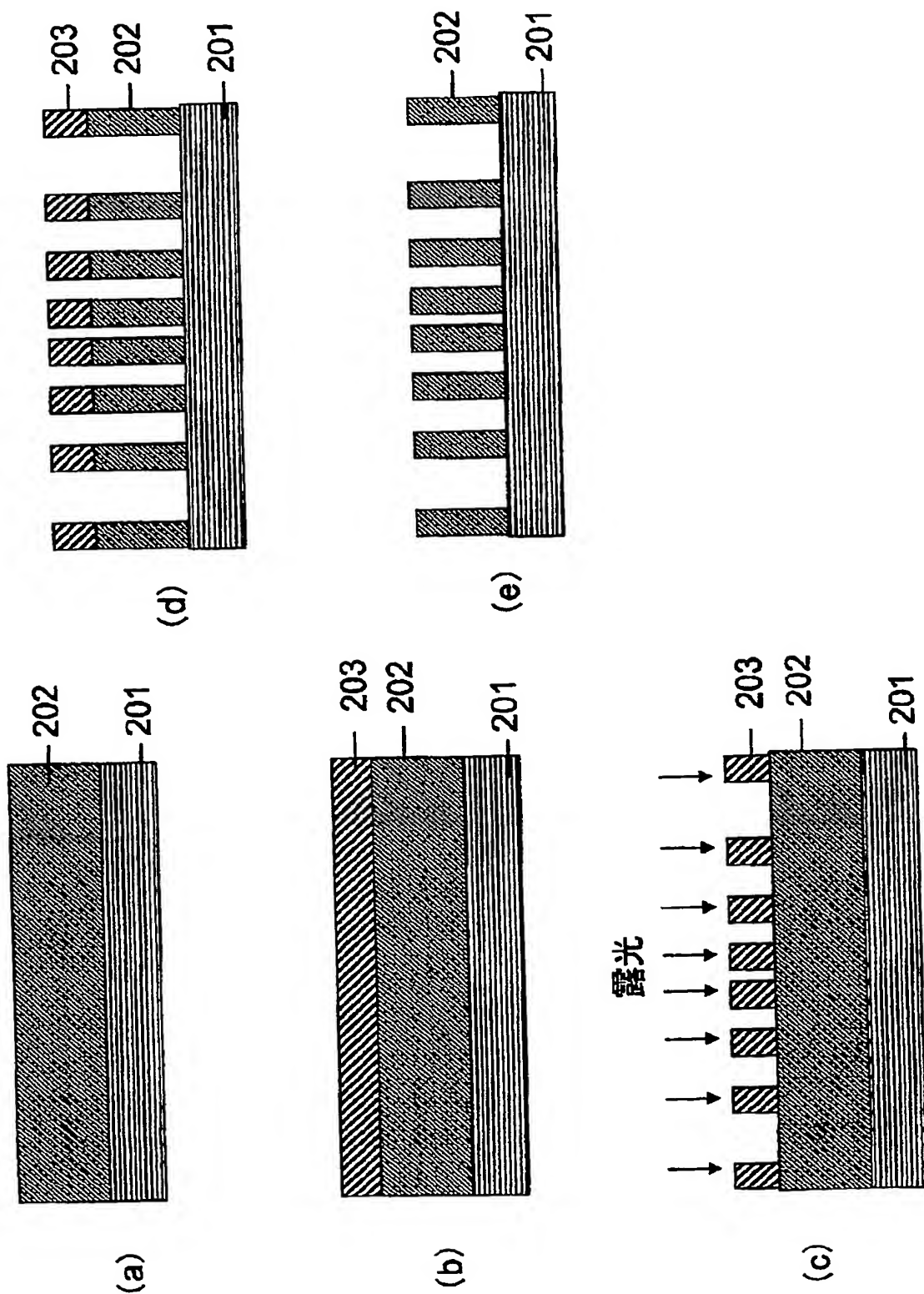
【図 3】



【図 4】



【図 5】

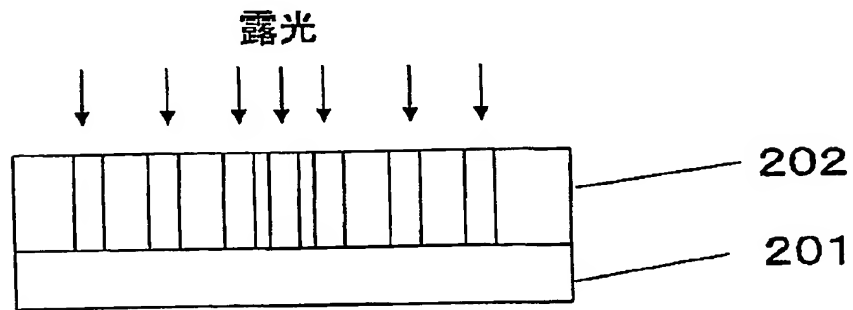


【図 6】

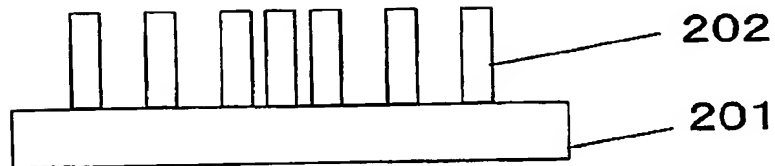
(a)



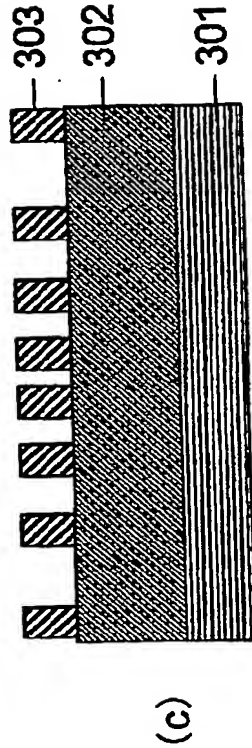
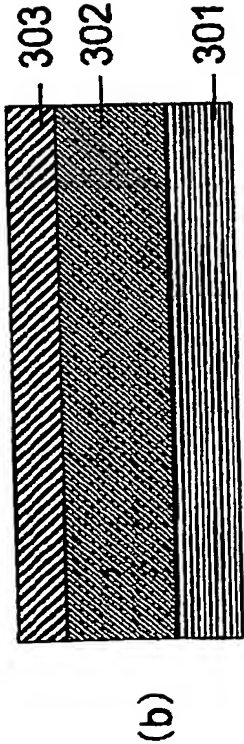
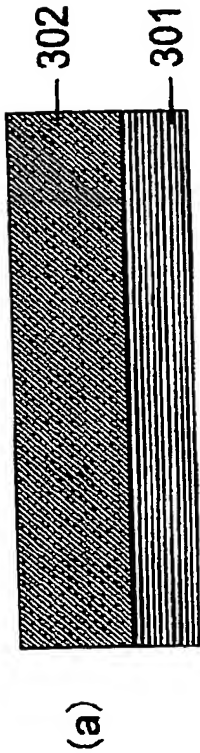
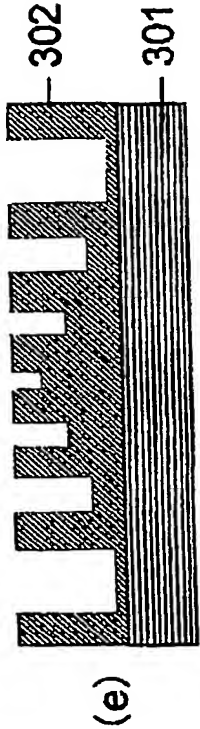
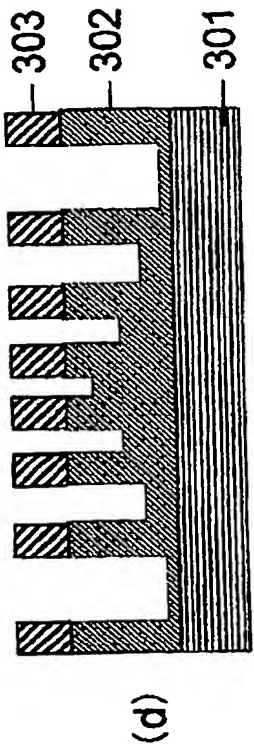
(b)



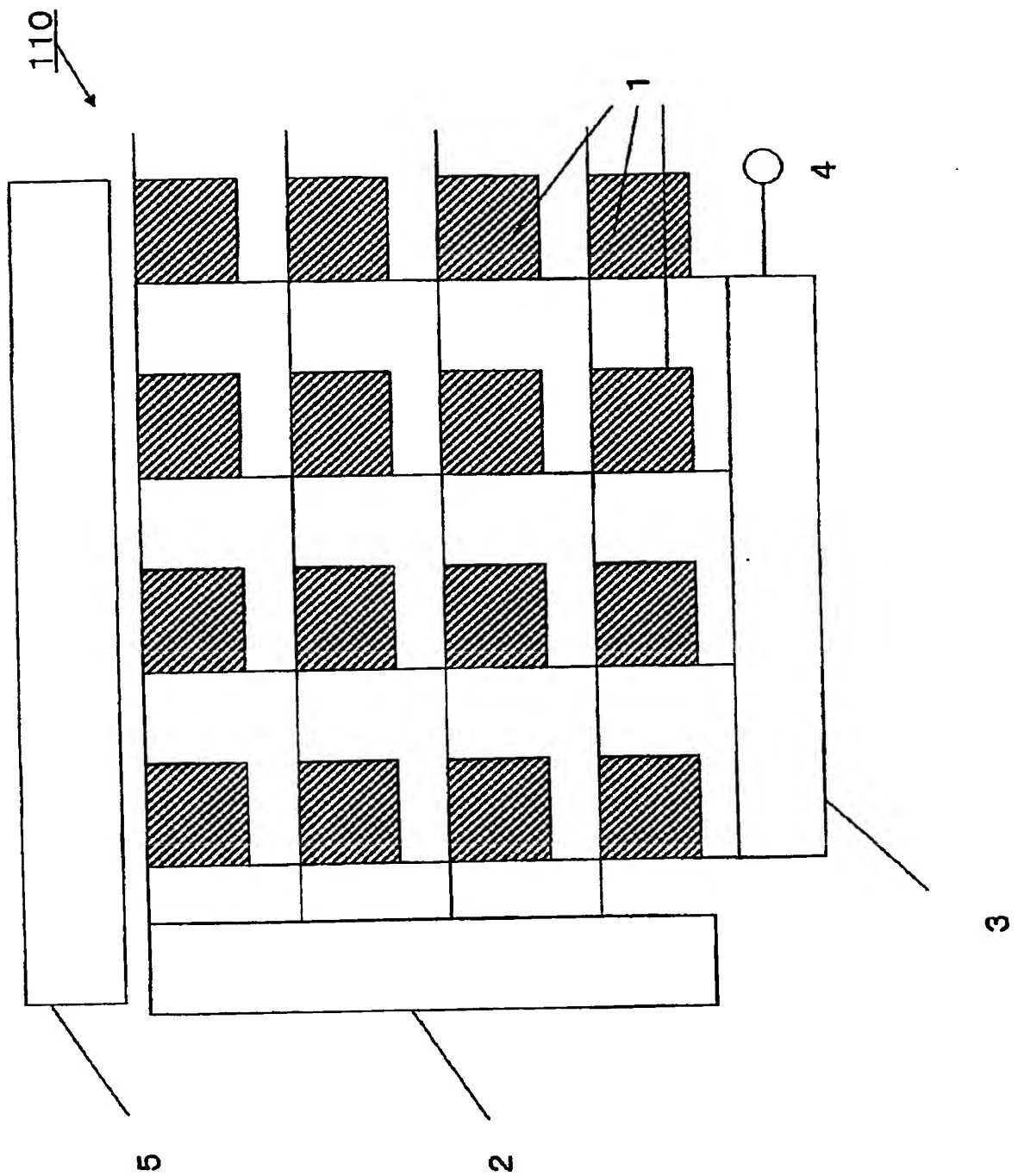
(c)



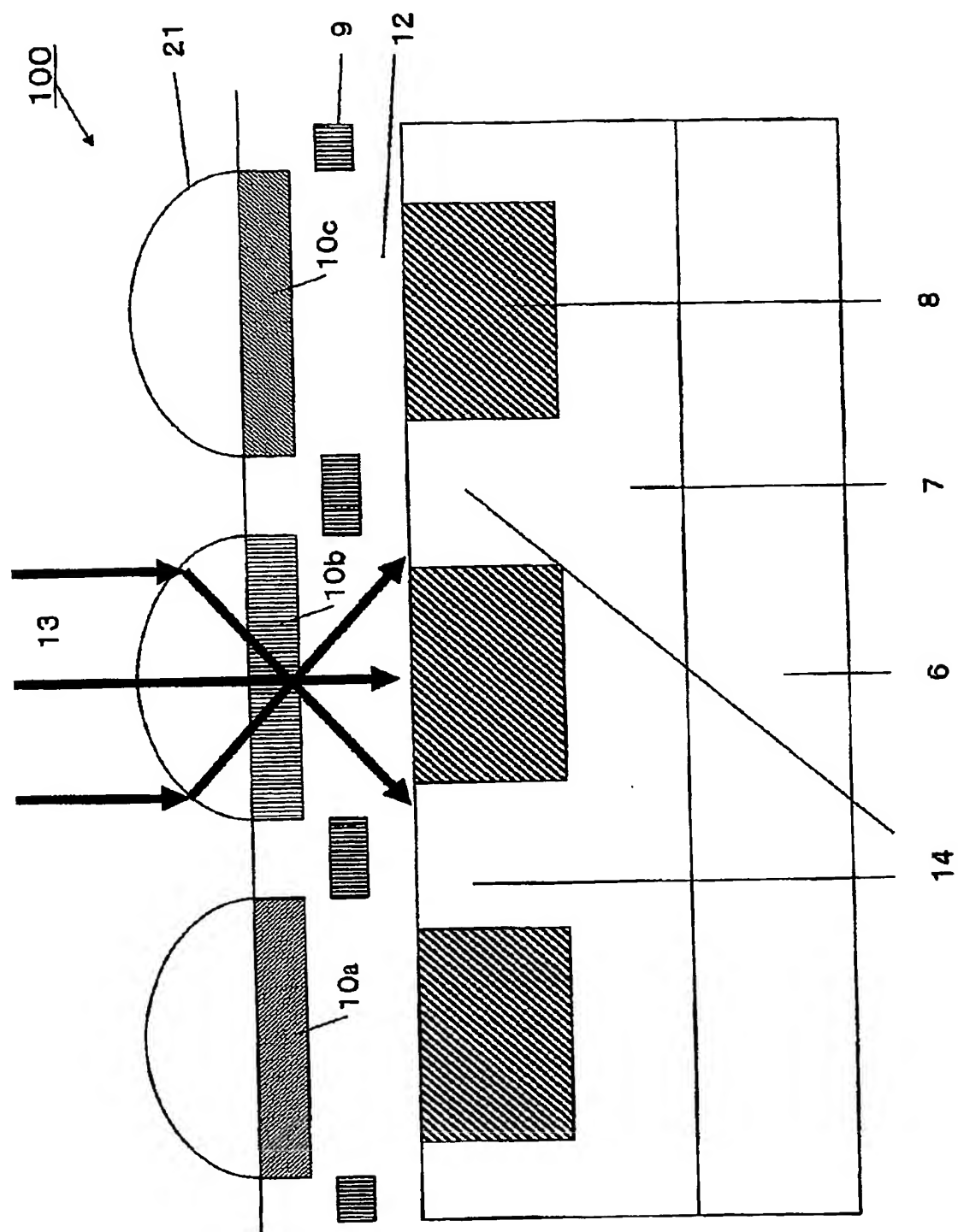
【図 7】



【図 8】



【図9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 入射光の集光率の高い、高感度な固体撮像装置、および、その固体撮像装置の生産性の高い製造方法を提供する。

【解決手段】 入射光 13 を光電変換するフォトダイオード 8 と、フォトダイオード 8 の上方に形成され、 $L > \lambda / \Delta n$ (L : 膜厚、 λ : 入射波長、 Δn : 周辺屈折率と透過層との屈折率差) の関係を満足する膜厚を有し、画素中心から周辺になるにつれて実効屈折率が減少する、入射光 13 を透過させる透過層 11 とを備える。透過層 11 は、画素中心から周辺になるにつれて膜厚がしだいに減少する部分を有する構造でもよい。透過層 11 は、BPSG 膜、TEOS 膜、ベンゾシクロブテンおよびポリイミド系樹脂のいずれかからなる。その製造方法は、画素中心から周辺になるにつれてレジスト間隔がしだいに広がるようにパターンを形成する工程と、パターン外材料層が残存する時点でエッチングを終了する工程とを含む。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 4 - 0 2 6 5 5 4
受付番号	5 0 4 0 0 1 7 3 8 9 9
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0 0 9 2
作成日	平成 1 6 年 2 月 4 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成 1 6 年 2 月 3 日

特願 2 0 0 4 - 0 2 6 5 5 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 8 日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地
氏 名	松下電器産業株式会社

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/001607

International filing date: 03 February 2005 (03.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-026554
Filing date: 03 February 2004 (03.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 31 March 2005 (31.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse